

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕЯ-БУРЕЙНСКОГО ОСАДОЧНОГО БАССЕЙНА ПО
РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ МАТЕРИАЛОВ БУРЕНИЯ И
СЕЙСМОСТРАТИГРАФИИ**

**С.В. Ершов¹, А.Э. Конторович^{1,2}, Н.И. Шестакова¹, Цзинь Чжицзюнь³, А.К. Карташова¹,
М.Н. Шапорина⁴**

¹ФГБУН Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, пр-т Академика Коптюга 3, г. Новосибирск, 630090; e-mail: KontorovichAE@ipgg.sbras.ru; ErshovSV@ipgg.sbras.ru; ShestakovaNI@ipgg.sbras.ru; KartashovaAK@ipgg.sbras.ru

²ФГБОУВО Тюменский индустриальный университет, ул. Володарского 38, г. Тюмень, 625000

³Институт энергетики Пекинского университета, г. Пекин, Китай; e-mail: Jinzj1957@pku.edu.cn

⁴АО «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья», Красный проспект 67, г. Новосибирск, 630091; e-mail: shaporina@sniiggims.ru

Поступила в редакцию 13 марта 2023 г.

Обобщена новейшая геолого-геофизическая информация по Зeya-Буреинскому осадочному бассейну (Россия, Дальний Восток). Описана стратиграфия осадочного чехла. Сравнительный анализ Зeya-Буреинского осадочного бассейна и расположенного к югу близкого по тектонической природе, строению и истории геологического развития бассейна Сунляо (Китай) позволил предположить, что екатеринославская свита, залегающая в основании осадочного чехла, имеет не юрский, как это принято считать, а раннемеловой возраст. Выполнена переинтерпретация сейсмических материалов МОГТ 2014–2018 гг., дана сейсмо-стратиграфическая характеристика разреза, выделены шесть сейсмогеологических комплексов. Волновая картина построенных разрезов подтверждает рифтогенную природу грабенов в основании осадочного чехла Зeya-Буреинского осадочного бассейна. На основе данных бурения колонковых и глубоких скважин, данных сейсморазведки МОГТ 2D и 3D, с учетом комплексной интерпретации данных грави- и магниторазведки, материалов геологической съемки построены карты мощностей меловых свит, а также тектоническая карта осадочного чехла. История образования разделена на четыре этапа: рифтогенный, раннесинеклизный, позднесинеклизный и неотектонический.

Ключевые слова: литология, мел, рифт, стратиграфия, сеймо-стратиграфия, свита, сеймокомплекс, тектонические этапы, Зeya-Буреинский осадочный бассейн, Дальний Восток России.

Зeya-Буреинский осадочный бассейн расположен на юго-востоке Азиатского континента на границе России с Китаем в Амурской области (рис. 1). С 40-х годов XX века он привлекает внимание геологов как объект, перспективный для поисков нефти и газа. В расположенном южнее на территории Китая бассейне Сунляо китайские геологи выявили большое число газонефтяных и нефтяных месторождений, в том числе крупнейшее на планете Земля месторождение в континентальных отложениях, генетически связанное с озерными образованиями – Дацин [14].

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ

Геологическое изучение территории Зeya-Буреинского осадочного бассейна было начато в середине XIX столетия. Первые исследования носили маршрутный характер и проводились с целью общего ознакомления с геологией района. В 1914 г. в Приамурье под руководством А.Н. Криштофовича начались геолого-съемочные работы. В 1941–1943 гг. на большей части территории Приамурья С.А. Музылевым проводилась геологическая съемка масштаба 1:1 000 000, в ходе которой была разработана стратиграфическая схема верхнемеловых и третичных отложений.



Рис. 1. Обзорная карта территории исследования Зей-Буреинского бассейна.

1 – административные границы: а – Российской Федерации, б – областей; 2 – границы осадочных бассейнов; 3 – Зей-Буреинский осадочный бассейн; 4 – площади, 5 – нефтегазопоисковые скважины; 6 – участки проведения МОГТ 3D 2015–2018 гг.; 7 – профили МОГТ 2D 2013–2014 гг.; 8 – профили МОГТ 2D 2016 г.

В 1956–1961 гг. территория Зeya-Бузейнского бассейна была изучена комплексными геолого-гидрогеологическими съемками масштаба 1:1 000 000 и 1:500 000, а в шестидесятых-семидесятых годах масштаба 1:200 000. В результате проведенных работ была дана детальная литолого-петрографическая характеристика верхней части разреза мезозойско-кайнозойских отложений, доработана и уточнена их стратиграфическая схема. В следующем десятилетии часть территории бассейна была изучена геологической съемкой масштаба 1:50 000.

Исследование Зeya-Бузейнского осадочного бассейна геофизическими методами начаты в 40-х годах прошлого столетия. На первом этапе (1941–1960 гг.) проводились гравиметрическая, аэромагнитная и магнитная съемки масштаба 1:1 000 000 – 1:200 000, а также электроразведка методами теллурических токов, вертикального и дипольного электрического зондирования масштаба 1:500 000–200 000 (1940–1962 гг.). Гравиметрическими исследованиями масштаба 1:1 000 000 изучена вся территория бассейна.

В 1956 г. в Амурской области впервые были проведены опытные сейсморазведочные работы методом отраженных волн (МОВ) и корреляционным методом преломленных волн (КМПВ). В 1961–1970 гг. сейсморазведка в Зeya-Бузейнском бассейне проводилась МОВ, КМПВ и методом направленного регулируемого приема (МНРП). В период с 1961 по 1968 годы активно проводились сейсморазведочные работы МОВ – 3088 км, КМПВ – 912 км, МНРП – 134 км.

Изучение Зeya-Бузейнского бассейна бурением неглубоких скважин было начато в 1960 г. На территории бассейна проводилось профильное (14 033 м), структурное (55 336 м) и поисковое (25 948 м) бурение. Всего пробурено 108 структурных и 70 геологосъемочных скважин. Неглубокое колонковое бурение проводилось также при разведке месторождений бурого и каменного угля (более 430 скважин). Большинство скважин на территории Зeya-Бузейнского бассейна (более 500) неглубокие (менее 500 м), 80 скважин имели глубину от 500 до 1000 м и в 24 скважинах достигнута глубина более 1000 м.

Глубокое бурение в Зeya-Бузейнской впадине было начато в 1958 г. Проводили его геологоразведочные организации Министерства геологии РСФСР. В 1958–1959 гг. в Белогорском прогибе была пробурена опорная скважина 1-ОП глубиной 2254 м. Следующей была пробурена параметрическая скважина 2-СПЕ (забой 2803 м). В ней под толщей эффузивных пород впервые вскрыты терригенные отложения, которые были датированы как верхняя юра (есть основания полагать, что эти породы имели раннемеловой возраст, см. ниже).

Нефтегазопроисковые работы в Зeya-Бузейнском бассейне проводились в 1960–1973 гг. В этот период было подготовлено к бурению несколько структур. Структуры были подготовлены сейсморазведкой МОВ по отражающим горизонтам на глубинах 500–1000 м. На отдельных площадях сейсморазведка МОВ проводилась в комплексе со структурным бурением. Поисковое бурение было проведено на 8 площадях: в Белогорском прогибе на четырех – Некрасовской, Белоцерковской, Итикутской и Восточно-Итикутской (подготовлены по данным сейсморазведки МОВ, скважины 3-СПН, 4-СПН, 2-БС, 1-ПИ и 2-ПИ), в Михайловском прогибе на двух – Радостной и Дубовской (наряду с сейсморазведкой, эти структуры были подготовлены структурным бурением, скважины 1-ПР, 2-ПР, 1-ПРД), в Лермонтовском прогибе на двух – Анфиногеновской (структура была подготовлена к бурению сейсморазведкой и структурным бурением) и Подувальнинской (подготовлена сейсморазведкой, скважины 1-ПРА, 1-ПП, 2-ПП, 3-ПП). На некоторых площадях глубокое поисковое бурение не подтвердило структурные построения, выполненные по результатам сейсморазведки МОВ. В результате поискового бурения открытий скоплений углеводородов сделано не было.

В 1974–76 гг. и 1985–86 гг. в центральной и северной частях Зeya-Бузейнского бассейна, в районе трассы БАМа, проводились исследования методом ГСЗ. В 1986–1990 гг. в рамках комплексного проекта геологоразведочных работ на нефть и газ в районах Дальнего Востока СССР на юге Зeya-Бузейнского бассейна силами Дальневосточной геофизической экспедиции ПГО «Сахалингеология» были выполнены региональные работы МОГТ в объеме 616 км, которые прекратились в 1988 г. в связи с отсутствием финансирования.

Современный этап (с 2012 г. по настоящее время) изучения Зeya-Бузейнского осадочного бассейна сейсмическими методами характеризуется применением метода общей глубинной точки (МОГТ), крупномасштабными сейсморазведочными работами на отдельных участках со специальными целями.

В 2014–2016 гг. на территории Зeya-Бузейнского осадочного бассейна ОАО «Росгеология» были выполнены региональные сейсморазведочные работы МОГТ 2D в объеме 1200 км (14 профилей). Обработка и интерпретация полученной сейсмической информации позволила построить структурные карты центральной части Зeya-Бузейнской депрессии по отражающим горизонтам, приуроченным к верхним частям цагайской, завитинской, поярковской свит и домелового фундамента. Были также построены кар-

ты толщин сейсмокомплексов. Комплексный анализ рельефа, магнитного, гравитационного полей и сейсморазведки позволил выделить и проследить на площади тектонические нарушения.

На территории Благовещенской и Белогорской площадей в 2012–18 гг. ПАО «Газпром» осуществлены крупномасштабные сейсморазведочные работы МОГТ 2D и 3D с целью выделения ловушек для подземных газовых хранилищ. По результатам интерпретации сейсморазведки проведены сейсмофациальное районирование и палеотектонический анализ, построены карты изопахит и структурные карты по четырем отражающим горизонтам. На основе анализа геолого-геофизической информации выделено 29 структурно-литологических и тектонически экранированных ловушек.

По результатам сейсморазведочных работ, выполненных ПАО «Газпром», были пробурены две скважины – Благовещенская 1-Б и 2-Б.

Комплексное обобщение полученной новейшей информации с целью создания современной модели геологического строения региона, к сожалению, выполнено не было. Настоящая работа имеет своей целью восполнить этот пробел.

СТРАТИГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЯ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ

Стратиграфии и литологии осадочных толщ Зeya-Буреинского бассейна в разное время были посвящены работы М.А. Ахметьева, И.Ф. Горбачева, К.П. Караванова, Г.Л. Кирилловой, А.Н. Криштофовича, В.И. Москвина, С.А. Музылева, А.П. Сорокина, А.А. Тимофеева, И.И. Шарудо и многих других исследователей.

Фундамент Зeya-Буреинской впадины сложен разновозрастными, сильно дислоцированными магматическими, метаморфическими и осадочными породами архей-палеозойского и, возможно, местами триасюрского возраста (см. ниже). Архей-протерозойские породы представлены гнейсами, гранитогнейсами, кристаллическими сланцами, метаморфизованными песчаниками. В составе палеозойских отложений выделяются осадочные, метаморфические и магматические породы кембрийской, девонской, каменноугольной и пермской систем, которые прорваны многочисленными интрузиями разного состава – от гранитов и гранодиоритов до ультраосновных пород [3, 5].

Осадочный чехол Зeya-Буреинского бассейна, согласно действующей Стратиграфической схеме [9], сформирован континентальными вулканогенно-терригенными отложениями позднеюрско-мел-кайнозойского возраста и разделен на екатеринославскую (келловей–верхняя юра), итикутскую и поярковскую

(нижний мел), завитинскую и цагаянскую (верхний мел–палеоцен), кивдинскую свиты и зейскую серию кайнозоя.

Непосредственно к югу от Зeya-Буреинского бассейна расположен близкий по тектонической природе, строению и истории геологического развития бассейн Сунляо (Китай). Ранее, до 2000–2010 гг. считалось, что породы, залегающие в основании осадочного чехла в рифтогенных грабенах этого бассейна, имеют позднеюрский возраст. Позднее с началом широкого применения методов трековой радиографии и магнитостратиграфии было установлено, что породы осадочного чехла бассейна Сунляо имеют более молодой возраст. По данным китайских специалистов, формация Хошилин, залегающая в рифтах на породах фундамента, имеет возраст не древнее берриаса–валанжина [17, 19, 22–25].

На территории Зeya-Буреинского бассейна были проанализированы образцы андезит-дацитового комплекса итикутской свиты методом $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и получены значения изотопного возраста от 122.2 ± 0.8 млн лет до 125.4 ± 3 млн лет [10]. Определения изотопного возраста трахиандезибазальтов и риолитов из поярковской свиты также дают узкий диапазон значений – от 118 до 122 млн лет. Таким образом, полученные данные позволяют предположить, что итикутская свита формировалась не ранее баррема–апта, а не в берриас-валанжине, как это принято в стратиграфической схеме 1994 г. Вероятнее всего, екатеринославская свита также имеет раннемеловой возраст.

Образование бассейнов Зeya-Буреинского и Сунляо происходило в четыре этапа: рифтогенный, раннесинеклизный, позднесинеклизный и неотектонический. Сходные по сущности ведущих геологических процессов этапы, но под другими названиями, выделяли многие исследователи [1, 3, 5, 14, 16, 18, 20, 21 и др.]. Деление этапа погружения (депресссионного) на раннесинеклизный и позднесинеклизный предложено авторами. Границей между ними является крупный перерыв позднеэоценоман-раннеконьякского (?) возраста, который характеризует относительно кратковременный этап воздымания территории Зeya-Буреинского бассейна на общем фоне его погружения.

Эпохи осадконакопления в бассейнах Зeya-Буреинском и Сунляо неоднократно сменялись перерывами в осадконакоплении и размывами ранее накопленных осадочных образований. Датировки перерывов в обоих бассейнах должны быть близки. Учитывая слабую изученность Зeya-Буреинского бассейна современными стратиграфическими и физическими (радиография, магнитостратиграфия) методами оп-

ределения геологического возраста, весьма вероятно, что екатеринославская, итикутская и поярковская свиты Зeya-Буреинского бассейна по аналогии с бассейном Сунляо имеют более молодой возраст, чем это отражено на стратиграфической схеме 1994 г. Есть основания считать, что стратиграфия осадочных толщ Зeya-Буреинского бассейна требует ревизии и привлечения современных методов микропалеонтологии, палинологии, радиографии и магнитостратиграфии для уточнения их возраста.

Описание стратиграфии екатеринославской, итикутской и поярковской свит авторами приводится с учетом определений их изотопного возраста, а также датировок осадочной толщи бассейна Сунляо, который имеет аналогичное строение и изученность которого существенно выше, чем Зeya-Буреинского бассейна. Стратиграфия верхнемеловых и кайнозойских отложений дана в соответствии с Решением IV Дальневосточного межведомственного стратиграфического совещания [9] (рис. 2).

Полученные в 2014–2018 гг. материалы сейсморазведки МОГТ 2D позволяют выделить грабены на территории Зeya-Буреинской впадины и построить адекватные модели распространения вулканогенно-осадочных комплексов, их выполняющих. Принципиально рифтовая природа Зeya-Буреинского осадочного бассейна признавалась давно [1, 3–5, 7, 10].

Авторы настоящей работы выполнили переинтерпретацию сейсмических материалов МОГТ 2014–2018 гг. и выделили на временных сейсмогеологических разрезах и построенных на их основе картах рифтогенные грабены в основании осадочного чехла. Ниже при описании стратиграфии и геологического строения Зeya-Буреинской впадины эти результаты учтены.

При описании стратиграфии и районов развития отдельных свит использована тектоническая карта осадочного чехла Зeya-Буреинского осадочного бассейна (рис. 3), построенная авторами на основе структурной карты по поверхности домелового фундамента.

Меловая система. Нижний мел. Екатеринославская свита (берриас–готерив?), которая была выделена И.Ф. Горбачевым (1962 г.) в бассейне р. Зeya [12], выполняет наиболее погруженные части грабенов, уменьшаясь по мощности и выклиниваясь к их бортам (рис. 4, 5). В бортовых частях грабенов отложения имеют более грубозернистый состав. На территории бассейна екатеринославскую свиту вскрыли десять глубоких скважин, расположенных на территориях Белогорского, Михайловского и Лермонтовского прогибов, а также Екатеринославской впадины.

В основании екатеринославской свиты залегают брекчии, состоящие из блоков подстилающих грани-

тоидов [5]. В некоторых скважинах в нижних частях разрезов свиты вскрыт базальный горизонт (около 100 м), сложенный гравелитами и конгломератами с туфами. Выше свита сложена переслаиванием песчаников кварцево-полевошпатовых, разномерных, слюдистых, известковистых, участками глинистых, с алевролитами темно-серыми, плитчатыми. В породах присутствует обугленный растительный детрит. В изученных разрезах установлены тонкие слои черных листоватых аргиллитов.

В разрезе свиты присутствуют пачки вулканогенно-осадочных пород, представленные белыми с серым и светлозеленым оттенками туфами и туффидами. В краевых частях грабенов возрастает роль в разрезах песчаников и конгломератов [8]. Максимальная мощность свиты составляет 2100 м. Области распространения и мощности екатеринославской свиты показаны на рис. 6.

Итикутская свита (баррем–низы апта?) выделена А.А. Тимофеевым и К.П. Каравановым (1965 г.) в разрезе р. Итикут [12]. Свита сложена эффузивно-пирокластическими породами. Нижняя часть свиты, как и екатеринославская, была сформирована в рифтогенный этап развития бассейна и заполняет грабены (рис. 4, 5). Во второй половине итикутского времени начался раннесинеклизный этап развития Зeya-Буреинского бассейна. В начале этого этапа формировалась верхняя часть разреза итикутской свиты, которая залегает плащеобразно на значительной территории вне грабенов (рис. 4, 5, 7). В прогибах установлена литолого-фациальная изменчивость пород итикутской свиты. В осевых частях грабенов нижняя часть свиты сложена преимущественно песчаниками, алевролитами, аргиллитами, углями и андезитами, в основании встречаются конгломераты. Верхняя часть разреза представлена риолитами, андезитами и туфами [5]. К краевым частям грабенов появляются прослой лавобрекчий, увеличивается также количество андезитов и риолитов [3].

Свиту вскрыли двадцать четыре скважины, расположенные в пределах Белогорского, Михайловского и Лермонтовского прогибов. Мощность итикутской свиты достигает 1250 м (рис. 7).

Поярковская свита (верхи апта–низы сеномана?) выделена И.Ф. Горбачевым и А.А. Тимофеевым [2] у с. Поярково Амурской области. Территория ее распространения больше, чем итикутской. Она согласно залегает на итикутской свите, а там, где последняя отсутствует, – на домеловом фундаменте (рис. 4, 5). На территории бассейна выделяются депрессионные зоны с существенно терригенными и существенно вулканогенными разрезами поярковской свиты. В

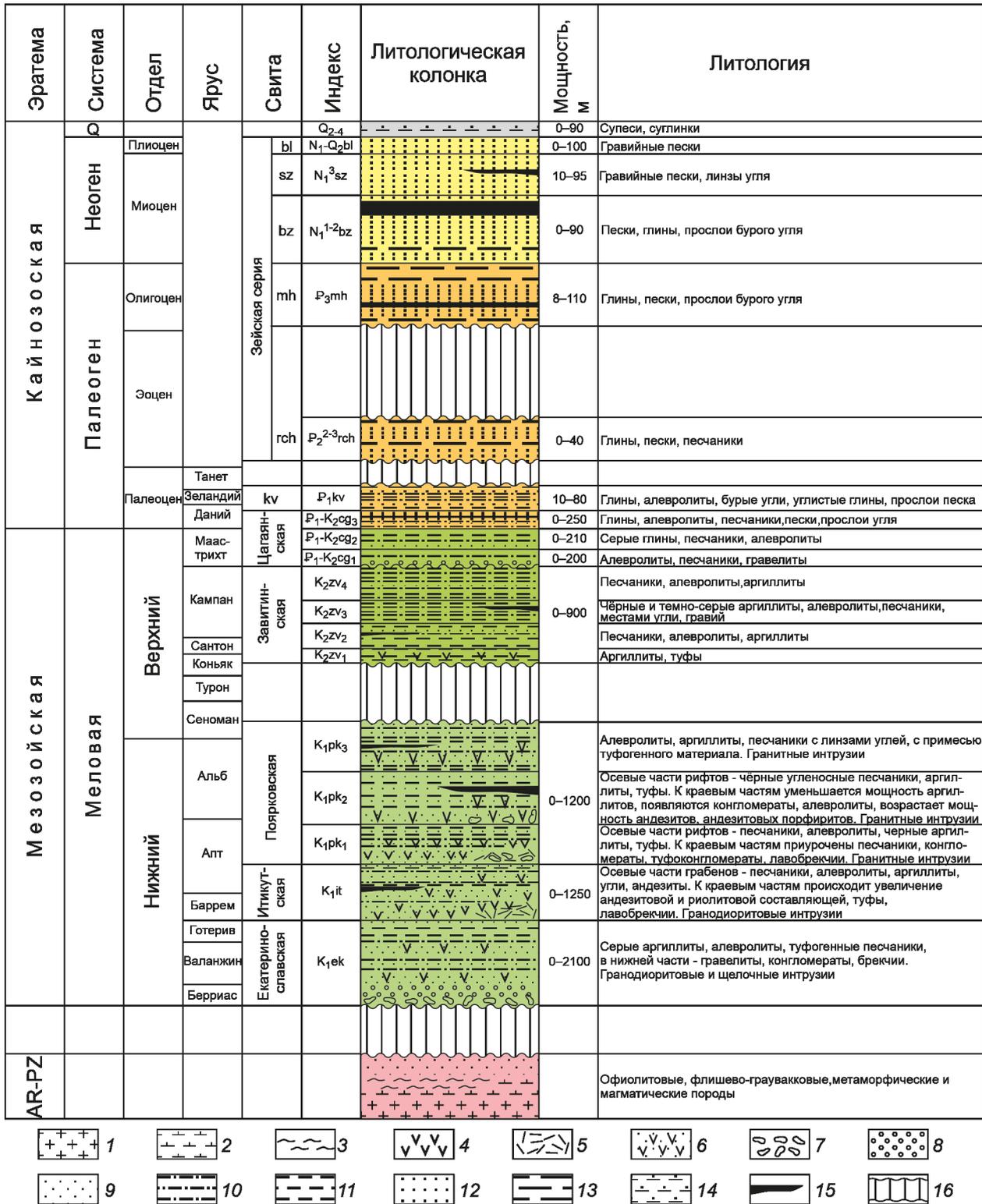


Рис. 2. Сводный литолого-стратиграфический разрез Зей-Буреинского бассейна. По материалам А.А. Аксеновской, Д.В. Колесникова, ОАО «Росгеология», с изменениями.

1 – граниты; 2 – габбро; 3 – сланцы; 4 – лавы, лавобрекчии среднего состава; 5 – лавы, лавобрекчии кислого состава; 6 – туфы, туфогенные песчаники; 7 – конгломераты; 8 – гравелиты; 9 – песчаники; 10 – алевролиты; 11 – аргиллиты; 12 – пески; 13 – глины; 14 – суглинки, супеси; 15 – пласты и линзы углей, 16 – перерывы. Свиты: kv – кивдинская, rch – райчихинская, mh – мухинская, bz – бузулинская, sz – сазанковская, bl – белогорская.

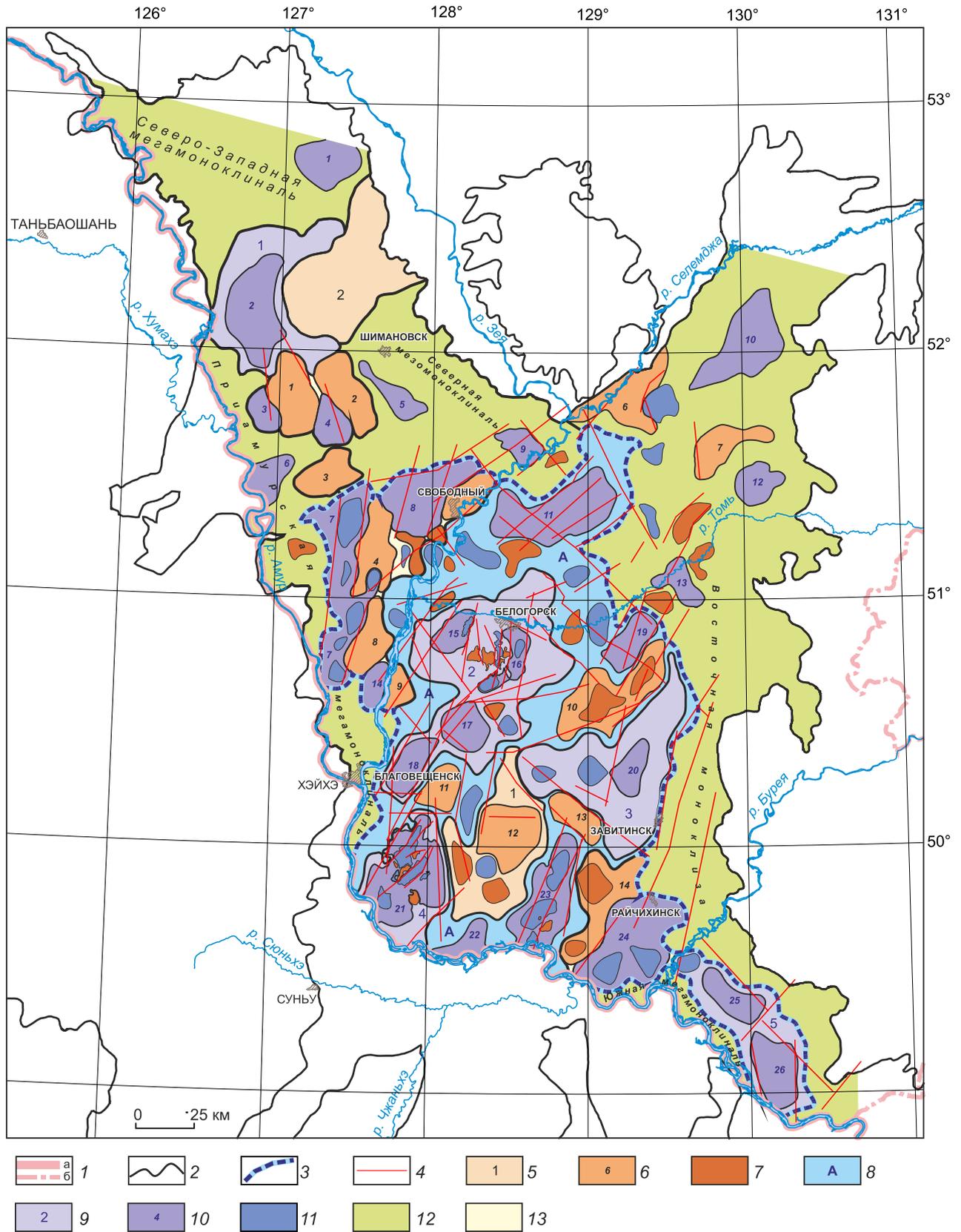


Рис. 3. Тектоническая карта осадочного чехла Зейя-Буреинского бассейна, построенная на основе структурной карты по поверхности домелового фундамента.

депрессивных зонах Внутренней области бассейна (рис. 3) в разрезе поярковской свиты доминируют глины и алевролиты при подчиненной роли песчаников. По краям прогибов преобладают андезиты, туфы и туфобрекчи, появляются прослои угля [5]. По данным сейсморазведки, общая мощность свиты в наиболее погруженных зонах превышает 1200 м.

В пределах западного и восточного обрамлений Зeya-Буреинского бассейна [11] разрез поярковской свиты представлен вулканическими породами (трахибазальты, трахиандезитбазальты, риолиты, трахириолиты), которые выполняют протяженные грабены. Мощность осадочного выполнения грабенов может превышать 500 м.

Меловая система. Верхний мел (без сеноман-турона). Перекрывающие поярковскую свиту верхнемеловые (коньяк-кампанские?) отложения выделены С.П. Судаковым, А.А. Тимофеевым и В.Д. Акуловым (1961 г.) в *завитинскую свиту* [2, 12]. Завитинская свита формировалась на позднесинеклизном этапе развития бассейна. Накопление осадков происходило в двух областях прогибания. Первая область примерно соответствует Внутренней области Зeya-Буреинского бассейна (рис. 3). Вторая область расположена на северо-западе бассейна и охватывает Северо-Западную мегамоноклинали, Ульминскую мезовпадину и прилегающие к ним районы.

Во Внутренней области породы завитинской свиты залегают с несогласием на подстилающих нижнемеловых вулканогенно-осадочных образованиях. Состав свиты преимущественно терригенный, представлен чередованием глин, галечных конгломератов, алевролитов и песчаников. Характерно отсутствие эффузивных и пирокластических пород [8]. На северо-западе бассейна, где в завитинское время осадконакопление происходило в более

спокойных тектонических условиях, были развиты озерно-болотные обстановки. Сформировавшиеся в таких фациях породы представлены хорошо отсортированными глинами с пластами угля общей мощностью до 50 м. По данным сейсморазведки, максимальная мощность завитинской свиты достигает почти 900 м.

Завитинскую свиту с размывом перекрывает *цагаганская свита* (маастрихт-низы дата). Она выделена в низовьях р. Амур А.Н. Криштофовичем [6]. Свита разделена на три подсвиты. Каждая из них характеризуется уменьшением зернистости пород вверху по разрезу от грубозернистых песчаников до глин. Нижняя и средняя подсвиты – верхнемеловые (маастрихт), возраст верхней определен как палеогеновый (дат). Мощность цагаганской свиты достигает 500 м.

Нижецагаганская подсвита имеет терригенный состав, однако ее разрезы в разных частях бассейна существенно различаются. В центральных частях Зeya-Буреинского бассейна (Белогорский прогиб) отложения представлены глинами с прослоями слабосцементированных кварцевых песчаников и гравелитов. Южнее, в Лермонтовском и Михайловском прогибах подсвита сложена песчаниками с редкими прослоями глин. На поднятиях Внутренней области бассейна происходит уменьшение мощности подсвиты. Максимальные мощности нижецагаганской подсвиты достигают 150–200 м в Романовском и Михайловском прогибах.

Среднецагаганская подсвита сложена преимущественно глинами, песчаники и алевролиты в ней присутствуют в небольших количествах. Отличительными особенностями подсвиты являются характерная в нижних частях разреза яркая зеленоватая, а в верхних – более темных тонов, вплоть до коричневых и черных окраска; высокая степень сортирован-

1 – административные границы: а – граница Российской Федерации, б – границы областей; 2 – границы осадочных бассейнов; 3 – граница Внутренней области и Внешнего пояса; 4 – тектонические нарушения; 5–7 – положительные тектонические элементы: 5 – II порядка, 6 – III порядка, 7 – IV порядка; 8–11 – отрицательные тектонические элементы: 8 – 0 порядка, 9 – II порядка, 10 – III порядка, 11 – IV порядка; 12–13 – промежуточные тектонические элементы: 12 – моноклизы, мегамоноклинали и мезоноклинали Внешнего пояса, 13 – седловины. Список тектонических элементов. Положительные структуры II порядка: 1 – Полтавско-Ильинское куполовидное мезоподнятие, 2 – Урганский структурный мезомыс; положительные структуры III порядка: 1 – Новогеоргиевское кп, 2 – Восточно-Актайский вал, 3 – Иннокентьевское кп, 4 – Костюковский вал, 5 – Ключевой вал, 6 – Майский структурный мыс, 7 – Волчий вал, 8 – Гуранский вал, 9 – Семиозерское кп, 10 – Поздеевско-Чергалский вал, 11 – Успенское кп, 12 – Ильинское кп, 13 – Албазинский вал, 14 – Воскресеновско-Шадринский вал; отрицательные структуры 0 порядка: А – Нижнезейская синеклиза; отрицательные структуры II порядка: 1 – Ульминская мезовпадина, 2 – Белогорско-Дмитриевский мезопргиб, 3 – Романовско-Екатеринославская мезовпадина, 4 – Лермонтовско-Филиновский мезопргиб, 5 – Архаринский мезопргиб; отрицательные структуры III порядка: 1 – Усть-Тыгдинская впадина, 2 – Тараконский прогиб, 3 – Берейская впадина, 4 – Актайская впадина, 5 – Каменско-Селетканский прогиб, 6 – Корсаковская впадина, 7 – Сычевско-Сергеевский прогиб, 8 – Спасовская впадина, 9 – Майорихская впадина, 10 – Ульминский прогиб, 11 – Сапроновский прогиб, 12 – Большемайкуровская впадина, 13 – Ташинская впадина, 14 – Новотроицкая впадина, 15 – Комиссаровский прогиб, 16 – Белогорский прогиб, 17 – Константиноградская впадина, 18 – Дмитриевский прогиб, 19 – Ромненский прогиб, 20 – Романовский прогиб, 21 – Лермонтовский прогиб, 22 – Новопетровский прогиб, 23 – Михайловский прогиб, 24 – Райчихинская впадина, 25 – Архаринская впадина, 26 – Южно-Архаринская впадина.

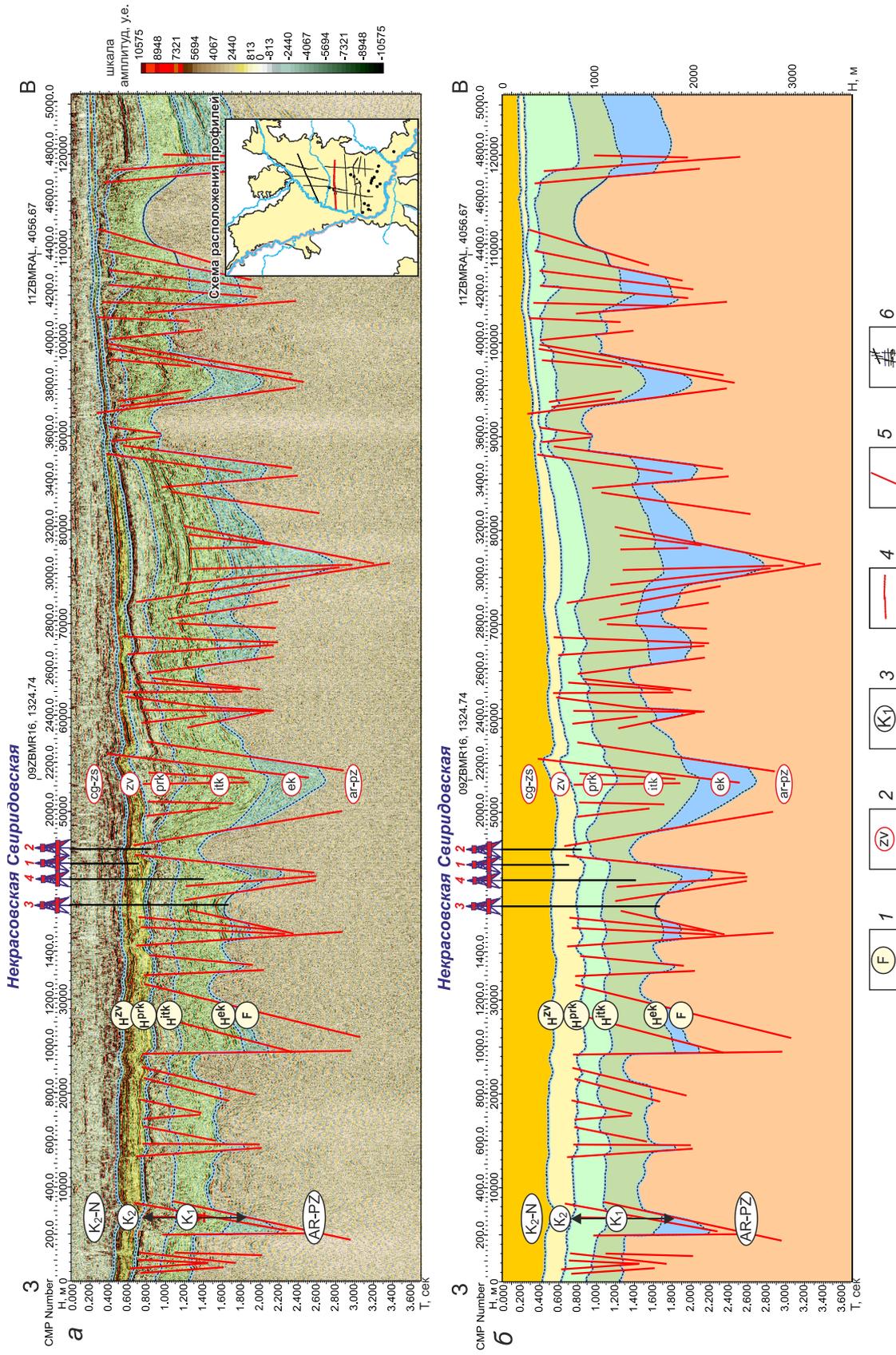


Рис. 4. Региональный сейсмический (а) и геологический (б) разрезы Зяя-Бурейнского осадочного бассейна по профилю 02ZBMR15. 1 – отражающие горизонты; 2 – сейсмические комплексы; ar-pz – архей-палеозойский, ek – екагеринославский, ik – итигутский, rk – поярковский, zv – завитинский, cg-zs – цаганско-зейский; 3 – возраст пород; 4 – возраст пород; 5 – тектонические нарушения; 6 – профили МОГТ 2D.

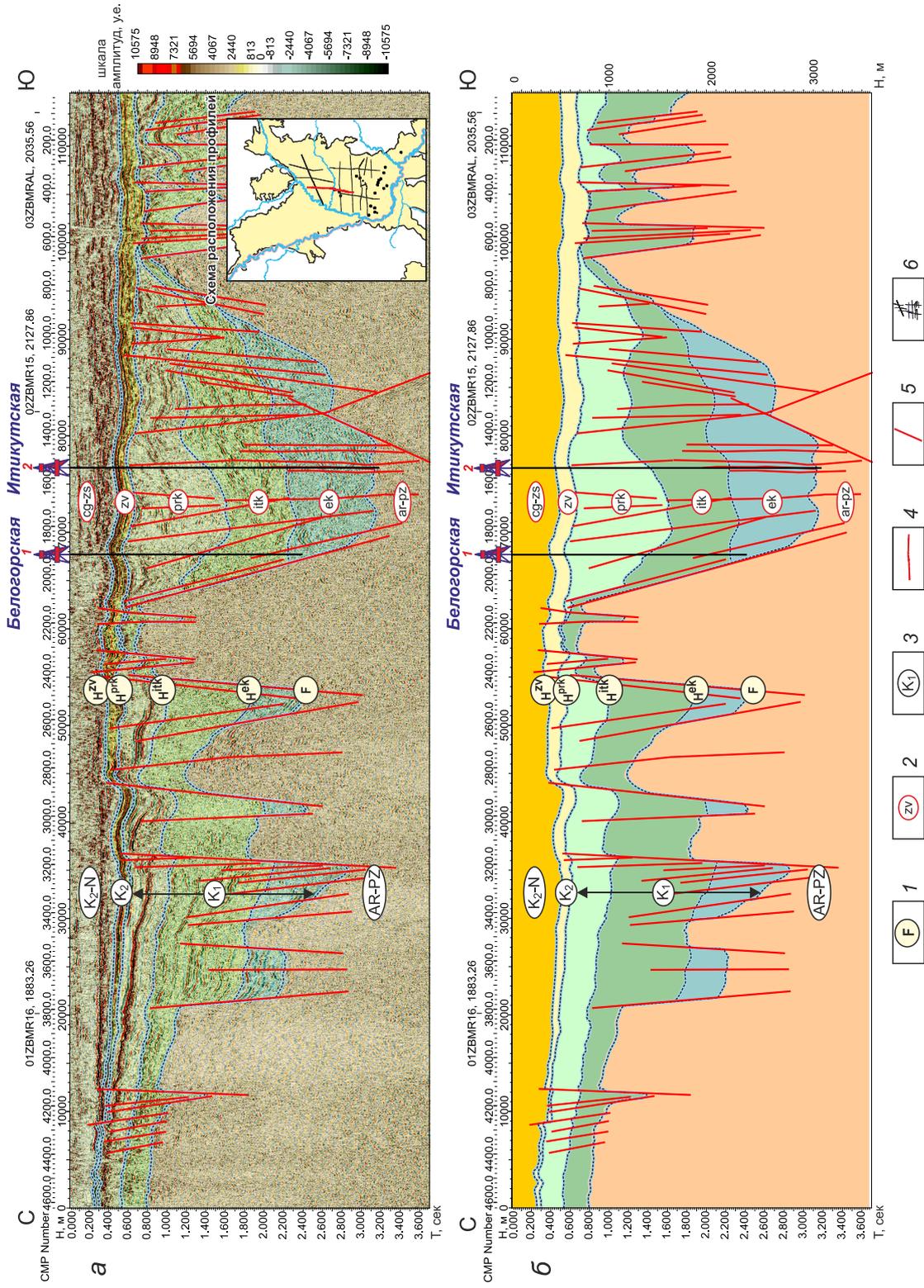


Рис. 5. Региональный сейсмический (а) и геологический (б) разрезы Зeya-Буреинского осадочного бассейна по профилю 09ZBMR16. 1 – отражающие горизонты; 2 – сейсмические комплексы: al-pz – архей-палеозойский, ek – екатеринославский, itk – итикутский, rtk – позарковский, zv – завитинский, sg-zs – цаганско-зейский; 3 – возраст пород; 4 – возраст пород; 4 – возраст пород; 5 – тектонические нарушения; 6 – профили МОГТ 2D.

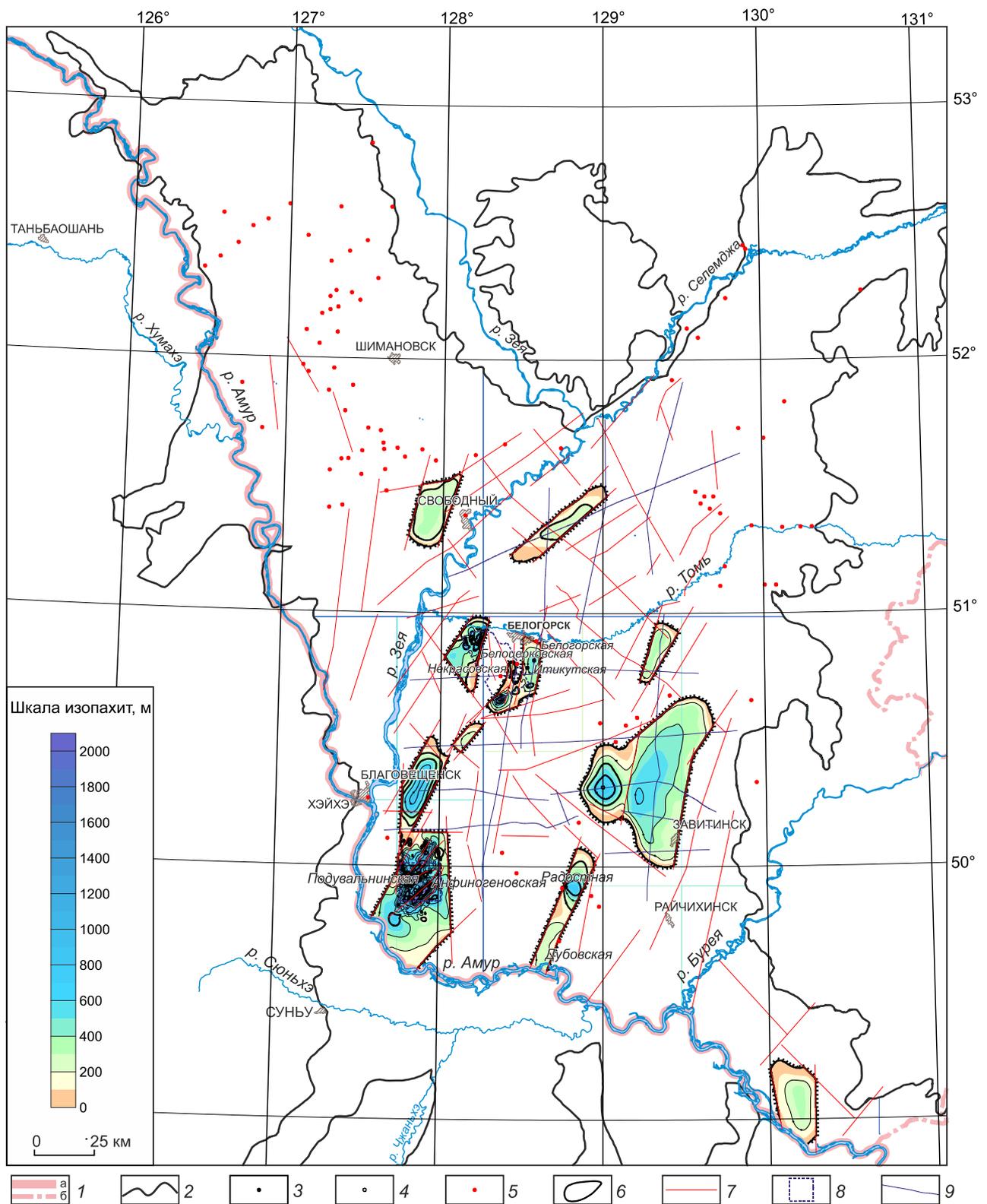


Рис. 6. Карта мощностей екатеринославской свиты (берриас–готерив?) Зeya–Буреинского осадочного бассейна.

1 – административные границы: а – Российской Федерации, б – областей; 2 – границы осадочных бассейнов; 3–5 скважины: 3 – вскрывшие полный разрез екатеринославской свиты, 4 – частично вскрывшие разрез екатеринославской свиты, 5 – подтвердившие отсутствие екатеринославской свиты в разрезе мезозойско-кайнозойского осадочного чехла; 6 – изопакиты екатеринославской свиты; 7 – тектонические нарушения; 8 – участки проведения МОГТ 3D 2015–2018 гг.; 9 – региональные сейсмические профили МОГТ 2D.

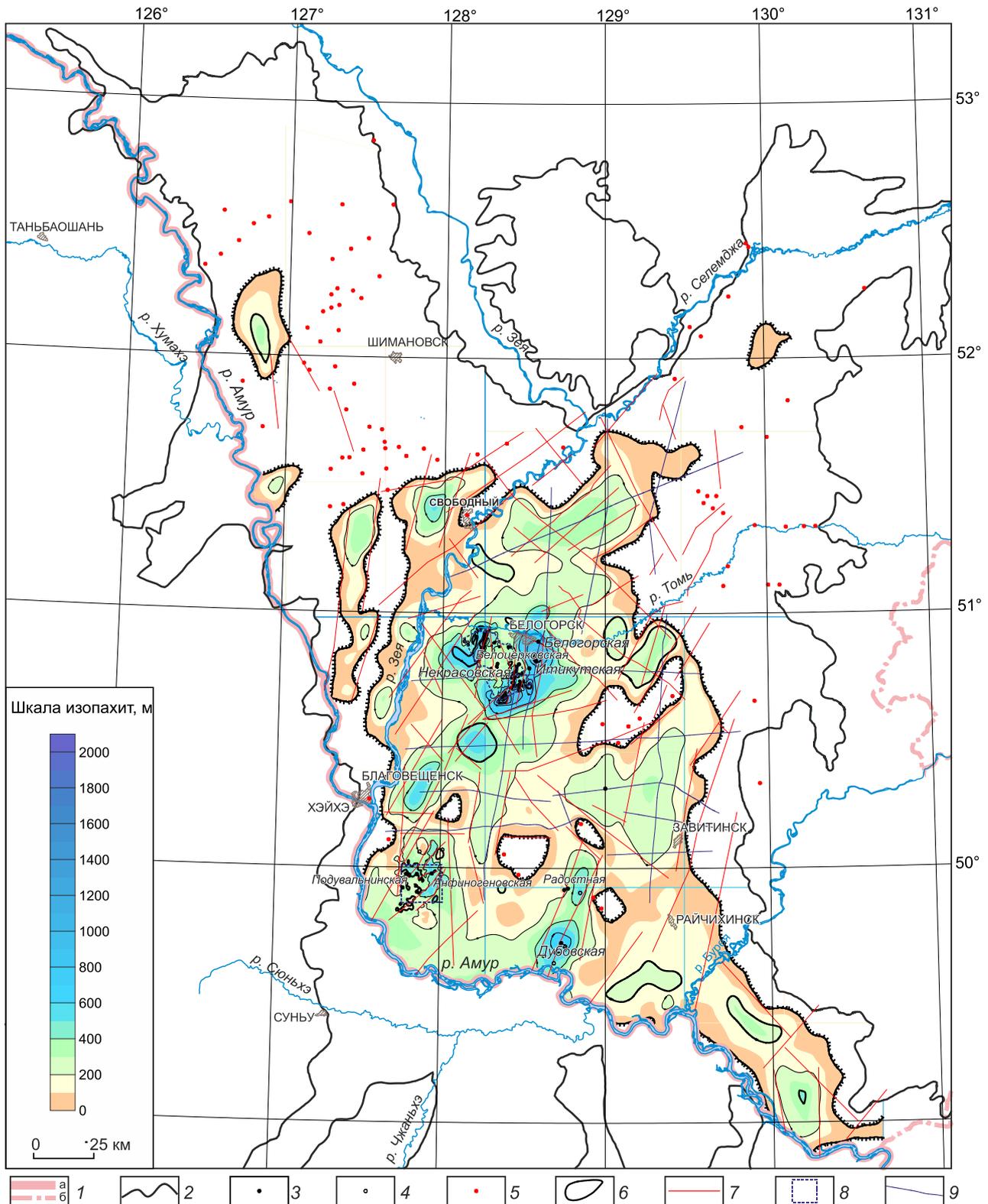


Рис. 7. Карта мощностей итикутской свиты (баррем–низы апта?) Зей-Буреинского осадочного бассейна.

1 – административные границы: а – граница Российской Федерации, б – границы областей; 2 – границы осадочных бассейнов; 3–5 скважины: 3 – вскрывшие полный разрез итикутской свиты, 4 – частично вскрывшие разрез итикутской свиты, 5 – подтвердившие отсутствие итикутской свиты в разрезе мезозойско-кайнозойского осадочного чехла; 6 – изопохиты итикутской свиты; 7 – тектонические нарушения; 8 – участки проведения МОГТ 3D 2015–2018 гг.; 9 – региональные сейсмические профили МОГТ 2D.

ки осадков. Минералогически глины сформированы монтмориллонитом и гидрослюдой. Мощность подсвиты в Белогорском прогибе достигает 210 м.

Палеогеновая система (палеоцен). Во время формирования верхней подсвиты цагайской свиты в центральных районах Зeya-Буреинского бассейна происходило накопление русловых отложений, представленных переслаиванием песков, гравийников и алевролитов. Ярко выражена цикличность разреза. В Сапроновском прогибе и Спасовской впадине разрез песчано-глинистый. На юге бассейна подсвита сложена преимущественно песками, гравелитами, галечниками. В отдельных зонах верхние горизонты верхне-цагайской подсвиты содержат мощные пласты бурого угля. Максимальная мощность подсвиты установлена в Белогорском прогибе, где она достигает 250 м.

Кивдинская свита сложена отложениями датского, зеландского и танетского ярусов (рис. 2), представленными пачками слаболитифицированных песчаников, глин, алевролитов, а также углистых аргиллитов. В верхней части свиты присутствуют бурые угли с прослоями туфов. Мощность свиты не превышает 80 м. Некоторые исследователи предлагают объединить цагайскую и кивдинскую свиты в серию и назвать ее цагайской [13].

В конце палеоцена вследствие воздымания территории произошло сокращение территории бассейна осадконакопления. Начался неотектонический этап развития бассейна, который характеризуется значительными структурными перестройками [1].

Палеогеновая (эоцен, олигоцен) и неогеновая системы. Верхняя часть разреза кайнозоя Зeya-Буреинского бассейна выделена в зейскую серию, которая с перерывом залегает на подстилающих отложениях. В составе серии выделены райчихинская, мухинская, бузулинская, сазанковская и белогорская свиты (рис. 2). В конце эоцена, во время накопления зейской серии, очередное воздымание территории привело к образованию крупного перерыва в осадконакоплении, во время которого сформировались коры выветривания.

Все свиты имеют преимущественно терригенный состав – рыхлые грубозернистые пески, обогащенные гравийным материалом, встречаются прослои глин [8]. В мухинской и бузулинской свитах присутствуют пласты бурого угля мощностью до 10 м. Общая мощность зейской серии составляет около 300 м.

Четвертичные отложения распространены на всей территории бассейна. Представлены в основном аллювиальными, делювиальными и пролювиальными отложениями.

СЕЙСМОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

В домеловом фундаменте и мезозойско-кайнозойском осадочном чехле Зeya-Буреинского бассейна выделено шесть сейсмогеологических комплексов: ar-pz – архей-палеозойский, ек – екатеринославский (берриас-готеривский), itk – итикутский (баррем-аптский), ргк – поярковский (апт-сеноманский), zv – завитинский (коньяк-кампанский) и сg-zs – цагайско-зейский (маастрихт-кайнозойский).

Породы архейского, протерозойского и палеозойского возраста обнажены в бассейнах рек Селемджа, Дeп, Амур и в горных сооружениях хребта Турана. По материалам сейсморазведки 3D на Белогорской площади для *архей-палеозойского сейсмического комплекса* характерна волновая картина, наблюдаемая ниже 900–1000 мс. Она представлена двумя типами записи: хаотичная форма записи и отдельные, иногда протяженные оси синфазности переменной амплитуды. По материалам МОГТ 2D на региональных временных разрезах ниже отражающего горизонта F, стратифицируемого в верхней части *архей-палеозойского комплекса*, наблюдается серия динамически выразительных отражений, отождествляемых с метаморфическими породами палеозоя.

Берриас-готеривский сейсмический комплекс (екатеринославская свита) сверху контролируется отражающим горизонтом, который формируется в верхней части екатеринославской свиты, в нижней – горизонтом, отождествляемым с поверхностью архей-палеозойского комплекса. Комплекс выполняет наиболее погруженные части грабенных, уменьшаясь по толщине и выклиниваясь к их бортам. Сейсмический комплекс имеет ограниченное распространение на площади Зeya-Буреинского осадочного бассейна. Для него характерны многочисленные прерывистые оси синфазности, которые образуют то горизонтальную, то сложную косую слоистость (рис. 4, 5). Поверхность комплекса фиксируется по интенсивной, яркой, низкочастотной, местами прерывистой отраженной волне.

Баррем-аптский сейсмический комплекс соответствует итикутской свите эффузивно-пирокластического состава. В отличие от ярко выраженных интенсивных фаз берриас-готеривского и апт-сеноманского сейсмических комплексов, характеризуется нерегулярной сейсмической записью участками с короткими прерывистыми осями синфазности. Поверхность комплекса контролируется отражающим горизонтом, формирующимся в верхней части итикутской свиты, в подошве – с горизонтом в верхней части екатери-

нославской свиты. Баррем-аптский сейсмический комплекс выполняет наиболее погруженные части прогибов во Внутренней области Зeya-Буреинского бассейна.

Апт-сеноманский сейсмический комплекс соответствует поярковской свите. Для волнового поля комплекса характерны интенсивные протяженные оси синфазности, переходящие в прерывистые ориентированные площадки. Комплекс осложнен многочисленными тектоническими нарушениями. В волновом поле это выражается прерывистым характером и смещением по времени осей синфазности отражений. Разрез сейсмического комплекса сложен терригенными породами с прослоями эффузивов. Комплекс распространен практически на всей территории Зeya-Буреинского осадочного бассейна.

Коньяк-кампанский сейсмический комплекс характеризует строение завитинской свиты. Поверхность сейсмического комплекса контролируется отражающим горизонтом, выделяемым в верхней части завитинской свиты, основание – горизонтом в верхней части поярковской свиты. Сейсмический комплекс, как и завитинская свита, развит на большей части территории Зeya-Буреинского осадочного бассейна. Комплекс разбит на блоки тектоническими нарушениями, которые в волновой картине фиксируются по аномальному изменению динамических характеристик сейсмической записи и смещению по времени осей синфазности отражений.

Маастрихт-кайнозойский сейсмический комплекс выделяется в верхней, наиболее молодой части разреза и соответствует цагайской свите, зейской серии и отложениям четвертичного возраста. Сейсмический комплекс выделен на всей территории Зeya-Буреинского осадочного бассейна. Отложения, формирующие сейсмический комплекс, со стратиграфическим несогласием залегают на позднемеловой завитинской и раннемеловой поярковской свитах. В области распространения завитинской свиты, в большинстве случаев, сейсмический комплекс в основании контролируется выдержанным, динамически выразительным отражающим горизонтом в верхней части свиты.

Комплекс сформирован терригенными отложениями, часто нелитифицированными. Для волновой картины комплекса характерна низкочастотная, малоамплитудная сейсмическая запись временного разреза с редкими субпараллельными протяженными осями синфазности, переходящими на отдельных участках в хаотическую форму записи.

Анализ волновой картины на сейсмических профилях, проведенный авторами, показал рифтовую

природу Зeya-Буреинского бассейна. По результатам переинтерпретации временных сейсмических разрезов (рис. 4, 5) осуществлена их стратификация. Выделены архей-палеозойский, итикутский, екатеринославский, поярковский, завитинский сейсмические комплексы, по верхней части отложений которых прослежены отражающие горизонты N^F , N^{ek} , N^{itk} , N^{prk} , N^{zv} . Построенная сейсмогеологическая модель строения центральной части Зeya-Буреинского бассейна имеет принципиально новый вид.

В качестве базовой поверхности, от которой авторы выполняли структурные построения, является поверхность домелового фундамента. Как отмечалось ранее, поверхность архей-палеозойского комплекса Зeya-Буреинского осадочного бассейна контролируется отражающим горизонтом F . На переинтерпретированных временных сейсмических разрезах видны, как минимум, три типа волновой картины, отождествляемой с метаморфизованными породами архей-палеозоя.

Первый тип волновой картины архей-палеозойского комплекса Зeya-Буреинского бассейна – двухтрехмодальная субпараллельная волновая картина, иллюстрируемая на временном сейсмическом разрезе 02ZBMR15 (рис. 4) ниже забоя в районе скв. Некрасовская 3. За отражающий горизонт F принята поверхность пород архей-палеозойского возраста. Второй тип волновой картины установлен на склонах отдельных депрессий в Зeya-Буреинском бассейне. На площади таких депрессий отражающий горизонт F соответствует границе моноклиального склона архей-палеозойского комплекса и является поверхностью прилегания пластов нижнего мела. Примером служит волновая картина на временном сейсмическом разрезе по профилю 09ZBMR16 (рис. 5) в районе скважин Итикутская 2 и Белогорская 1. Третий тип волновой картины наблюдается на границах грабенов, где на сейсмических профилях отражающий горизонт F соответствует плоскостям тектонических нарушений, осложняющих волновую картину на временных сейсмических разрезах.

На сейсмогеологическом разрезе по профилю 09ZBMR16 волновая картина характеризует рифтогенную природу грабенов в основании осадочного чехла Зeya-Буреинского осадочного бассейна. Такая же волновая картина имеет место на региональных временных сейсмических разрезах, иллюстрирующих строение центральной части бассейна Сунляо (Китай) [14, 15, 20, 26]. Сравнительный анализ временных сейсмических разрезов Зeya-Буреинского бассейна и сейсмических материалов бассейна Сунляо, несмотря на серьезные различия в геологической истории

и, как следствие, нефтегазоносности, показывает их близость и дает основание считать одинаковой природу их геологического строения.

Изложенные материалы являются надежной геологической основой для оценки перспектив нефтегазоносности Зeya-Буреинского осадочного бассейна.

Работа выполнена в рамках научной темы № FWZZ-2022-0009 Государственной программы фундаментальных научных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артеменко Т.В., Сорокин А.П. Условия формирования и эволюция бассейна Амура // География и природные ресурсы. 2009. № 4. С. 106–112.
2. Горбачев И.Ф., Тимофеев А.А. Стратиграфия меловых отложений Зeya-Буреинской впадины // Геология и палеогеографические условия формирования мезозойско-кайнозойских континентальных впадин южной части Дальнего Востока. М.: Наука, 1965. С. 94–106.
3. Игнатова В.А. Геодинамическая эволюция и перспективы нефтегазоносности Зeya-Буреинского бассейна // Геология нефти и газа. 2008. № 2. С. 14–26.
4. Игнатова В.А. Сравнение геодинамической эволюции бассейнов Зeya-Буреинского и Сунляо в связи с перспективами нефтегазоносности // Геология нефти и газа. 2010. № 2. С. 19–28.
5. Кириллова Г.Л. Сравнительная характеристика внутриматериковых рифтовых бассейнов Восточной Азии: Сунляо и Амуро-Зейский // Тихоокеан. геология. 1994. № 6. С. 33–54.
6. Криштофович А.Н. Геологический обзор стран Дальнего Востока. Л.; М.: Георгиздат, 1932. 332 с.
7. Молодые платформы Восточной окраины Евразии (глубинное строение, условия формирования, и металлогения) / Научн. ред. чл.-корр. А.П. Сорокин. Владивосток: Дальнаука, 2013. 366 с.
8. Нефтегазоносные бассейны Дальнего Востока СССР / Ред. А.А. Трофимук. М.: Недра, 1971. 184 с.
9. Решение IV межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою юга Дальнего Востока и Восточного Забайкалья (Хабаровск, 1990): Объясн. зап. к стратиграфической схеме. Хабаровск: ХГГП, 1994. 124 с.
10. Сорокин А.П. Новые подходы к оценке нефтегазоносности осадочных бассейнов Верхнего Приамурья // Региональные проблемы. 2001. № 5. С. 13–20.
11. Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Сорокин А.П., Козырев С.К. Геохронология и корреляция мезозойских магматических образований северной окраины Амурского супертеррейна // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2004. Т. 12, № 6. С. 36–52.
12. Стратиграфический словарь СССР. Триас, юра, мел. Л.: Недра, 1979. 592 с.
13. Флора и динозавры на границе мела и палеогена Зейско-Буреинского бассейна / Отв. ред. Е.В. Бугдаева. Владивосток: Дальнаука, 2001. 162 с.
14. Feng Z.Q., Jia C.Z., Xie X.N., Zhang S., Feng Z.H., Cross T. Tectonostratigraphic units and stratigraphic sequences of the nonmarine Songliao basin, northeast China // Basin Res. 2010. V. 22. P. 79–95.
15. Jia J., Bechtel A., Liu Zh., Strobl S., Sun P., Sachsenhofer R. Oil shale formation in the Upper Cretaceous Nenjiang Formation of the Songliao Basin (NE China): Implications from organic and inorganic geochemical analyses // Intern. J. Coal Geol. 2013. V. 113. P. 11–26.
16. Li D. Hydrocarbon habitat in the Songliao Rift Basin, China // Geol. Soc. Spec. Publ. 1995. N 80. P. 317–329.
17. Li C., Liu S. F. Cretaceous anomalous subsidence and its response to dynamic topography in the Songliao Basin, Northeast China // J. Asian Earth Sci. 2015. V. 109. P. 86–99.
18. Li Z., Chen J., Zou H., Wang C., Meng Q., Liu H., Wang S. Mesozoic-Cenozoic tectonic evolution and dynamics of the Songliao Basin, NE Asia: Implications for the closure of the Paleo-Asian Ocean and Mongol-Okhotsk Ocean and subduction of the Paleo-Pacific Ocean // Earth-Sci. Rev. 2021. V. 218. P. 1–26.
19. Shao K., Shao L., Ma D., Wang D., Wang S., Gao D. A study of sequence stratigraphy of the Early Cretaceous coal-bearing series in the southeastern Songliao Basin, NE China // Intern. J. Coal Sci. & Technology. 2020. V. 7 (2). P. 263–272.
20. Song Y., Stepashko A., Liu K., He Q., Shen Ch., Shi B., Ren J. Post-rift tectonic history of the Songliao Basin, NE China: Cooling events and post-rift unconformities driven by orogenic pulses from plate boundaries // J. Geophys. Res.: Solid Earth. 2017. V. 12. P. 2363–2395.
21. Wang P., Mattern F., Didenko N.A., Zhu D., Singer B., Sun X. Tectonics and cycle system of the Cretaceous Songliao Basin: An inverted active continental margin basin // Earth-Sci. Rev. 2016. V. 159. P. 82–102.
22. Xu J., Liu Z., Bechtel A., Meng Q., Sun P., Jia J., Cheng L., Song Y. Basin evolution and oil shale deposition during Upper Cretaceous in the Songliao Basin (NE China): Implications from sequence stratigraphy and geochemistry // Intern. J. Coal Geol. 2015. V. 149. P. 9–23.
23. Yan W., Fan T., Wang H., Zhu C., Gao Z., Meng X., Sun Y., Yang F. Micropaleontology and palaeoclimate during the Early Cretaceous in the Lishu depression, Songliao Basin, Northeast China // Geosci. Frontiers. 2017. V. 8. P. 93–106.
24. Yang, X., Wang H., Li Z., Guan C., Wang X. Tectonic-sedimentary evolution of a continental rift basin: A case study of the Early Cretaceous Changling and Lishu fault depressions, southern Songliao Basin, China // Marine Petrol. Geol. 2021. V. 128. P. 1–15.
25. Zhang P., Lee Y.I., Zhang J. Diagenesis of tight-gas sandstones in the lower cretaceous denglouku formation, Songliao basin, NE China: implications for reservoir quality // J. Petroleum Geol. 2015. V. 38(I). P. 99–114.
26. Zhu J., Feng Y. (Dr.), Menga Q., Lie S., Wua G., Zhua R. Decoding stratigraphic and structural evolution of the Songliao Basin: Implications for late Mesozoic tectonics in NE China // J. Asian Earth Sci. 2020. V. 194. P. 1–14.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

после доработки 06.04.2023 г.

принята к печати 03.07.2023 г.

S.V. Ershov, A.E. Kontorovich, N.I. Shestakova, Jin Zhijun, A.K. Kartashova, M.N. Shaporina

Geological structure of the Zeya-Bureya sedimentary basin based on the results of integrated interpretation of drilling data and seismic stratigraphy

This study summarizes the most recent geological and geophysical data on the Zeya-Bureya sedimentary basin (Russian Far East). The stratigraphy of the sedimentary cover is described. A comparative analysis of the Zeya-Bureya sedimentary basin and the Songliao basin (China) to the south of it, which is similar in its tectonic nature, structure and geological history, indicates that the Ekaterinoslavka Formation, occurring at the base of the sedimentary cover and formerly assigned to the Jurassic, is Lower Cretaceous in age. Results of the reinterpretation of the old CDP data (2014–2018) were used to infer the seismostratigraphic characteristics of the section and to identify six geoseismic sequences. The wave pattern of the constructed sections confirms the synrift nature of the grabens at the base of the sedimentary cover of the Zeya-Bureya sedimentary basin. Thickness maps of Cretaceous formations and a tectonic map of the sedimentary cover were compiled from the core and deep drilling data as well as 2D and 3D CDP seismic survey data taking into account the integrated interpretation of gravity, magnetic, and geological survey data. The evolution of the study area is divided into four stages: synrift, early syncline, late syncline, and neotectonic.

Key words: lithology, Cretaceous, rift, stratigraphy, seismic stratigraphy, formation, seismic sequence, tectonic stages, Zeya-Bureya sedimentary basin, Far East of Russia.